Jusqu'à quel point faut-il croire la science ?

Pierre **Clément**,
Didactique de la Biologie et de l'Environnement,
Bâtiment Forel, Université Claude Bernard Lyon 1,
69622 Villeurbanne Cedex.

1 – Remettre quelques pendules à l'heure …

Je suis biologiste. J'ai fait des recherches fondamentales en Biologie animale (ultrastructures et comportements de petits animaux) et, depuis environ 20 ans, je me suis progressivement tourné vers des recherches en Didactique et Epistémologie de la Biologie. C'est à dire vers la façon dont sont construites puis transmises les connaissances scientifiques relevant de la Biologie, et vers les problèmes liés à l'acquisition de ces connaissances par les élèves, par les étudiants, et par tout public.

C'est dire que je suis scientifique et que je crois que l'éducation scientifique est utile : je passe ma vie à essayer de l'améliorer !

Je travaille dans une Université scientifique, et mes recherches ont toujours été financées sur deniers publics (MEN, CNRS, Région, …). J'ai toujours tenu à rester indépendant, libre de mes propos, avec comme seul critère l'honnêteté scientifique et la fidélité à des valeurs fondamentales. Ce qui d'ailleurs n'a pas été très bon pour ma carrière institutionnelle, mais c'est une autre question.

Pour aborder la question délicate qui m'a été posée, je partirai de ce critère d'indépendance.

- *Quelle heure est-il ?*
- *L'heure que vous voudrez, mon général !*

(F. Garcia Marquez)

Quand la recherche ou l'expertise d'un scientifique exprime la même allégeance par rapport à ceux qui financent sa recherche ou son expertise, la méfiance s'impose.

“ Quelle heure est-il ? ”. La façon d'exprimer l'heure est une construction historique. Le choix de diviser la journée en 24 heures de 60 minutes n'était pas le seul possible. Les limites des fuseaux horaires résultent elles aussi de choix, épousant les frontières de certains pays. Cependant, dans ce contexte historique, avec les unités finalement choisies et leurs étalons de temps, il est possible de dire l'heure précise qu'il est ; et de vérifier si cette heure est bien “ exacte ”. Il existe donc une certaine vérité, qui peut faire référence. Un consensus social lui décerne une certaine “ objectivité ”. Il en est ainsi de toute connaissance scientifique.

Cela ne signifie pas pour autant que notre mesure du temps aurait du sens pour tout ce qui vit sur terre. La vie de chaque animal ou végétal a ses rythmes temporels spécifiques, bien différents de ceux des humains[1]. Chaque humain a des rapports multiples à des temporalités diverses dont l'heure officielle n'exprime qu'une facette. Dans la vie singulière de chacun de nous, lire l'heure s'inscrit dans une histoire, prend du sens en fonction des actes qui viennent d'être accomplis, et des décisions à prendre pour les actes suivants. A chaque instant, l'heure qu'il est n'a pas le même sens pour chacun de nous. La réponse faite au général est donc prudente, signifiant que c'est à lui, le général, de décider s'il est l'heure de telle

[1] J.von Uexküll a développé cette idée que chaque espèce vivante crée “ son ” temps ainsi que son espace, son monde propre (son “ umwelt ”). Nous avons récemment repris cette notion pour l'étendre à chaque individu dans les espèces capables d'apprendre, en particulier dans l'espèce humaine (Clément et al 1997)

ou telle décision. Mais cette réponse est avant tout signe d'allégeance : chacun de nous attend que soit donnée la réponse " objective " de l'horloge, valide dans les conditions historiques que j'ai énoncées plus haut.

Si je démarre ce texte en reprenant cette citation célèbre de Garcia Marquez, c'est pour souligner l'allégeance de certains travaux scientifiques par rapport à ceux qui financent ces travaux. Jusqu'à quel point un scientifique peut-il répondre en toute indépendance aux questions que leur posent ceux qui les financent ?
Jusqu'à quel point le financement de la recherche, et l'espoir d'une poursuite de ce financement, ont-ils induit les chercheurs à privilégier certaines interprétations, ou les ont-ils poussés à tester plutôt certaines hypothèses ?
La question est complexe. Les pouvoirs privés ou publics (militaires ou civils) n'ont que ce moyen du financement pour définir une politique de la recherche, pour pousser certains domaines desquels sont attendues des retombées économiques, ou militaires, ou sociales (ou, plus rarement, des percées dans la recherche fondamentale, avec l'espoir que les retombées suivront ensuite …)[2].

L'argent est une condition nécessaire mais non suffisante pour garantir le succès d'un chercheur. Sa carrière dépend de ses publications dans des revues de rang A (de niveau international). Chaque revue s'entoure de referees. Et tout chercheur sait que, pour arriver à être publié dans telle revue très cotée, il vaut mieux citer les referees, ne pas (trop) contredire leurs thèses, etc. C'est souvent bénin. C'est même parfois justifié. Là encore, la question est complexe : on n'a pas trouvé, dans le monde scientifique, un mode de fonctionnement meilleur que ce jugement par les pairs pour juger de la scientificité des travaux produits par les chercheurs. Et le système fonctionne, même s'il y a parfois des bavures. Parmi ces dernières, l'exemple de Sir Cyril Burt est connu. Il occupait une position dominante dans les revues et sociétés scientifiques internationales. Et ce n'est qu'après sa mort qu'a éclaté le scandale : il avait inventé les résultats qui avaient le plus contribué à sa notoriété : des travaux qui n'ont jamais été réalisés sur des vrais jumeaux séparés à la naissance. Or ces " résultats " ont largement influencé le système éducatif anglais, en faisant croire que l'intelligence était largement héréditaire[3].

Cet exemple ne doit pas pour autant nous faire tomber dans un relativisme total par rapport aux travaux scientifiques : les fraudes existent, mais sont loin d'être la règle. Et leurs auteurs, une fois la fraude révélée, sont discrédités dans la communauté scientifique.

La question que je veux aborder ici (" Jusqu'à quel point faut-il croire la science ? ") ne veut pas discrétiser la science. L'histoire des sciences montre à la fois que certaines certitudes d'une époque peuvent s'écrouler, mais que bien d'autres résistent et transforment notre rapport au monde. Je veux au contraire dire que ce qui fait la force et la dynamique de la science, c'est justement sa capacité à remettre en cause en permanence ses certitudes du moment : le doute est au cœur même de ce qui fonde la science. Poser cette question du doute, ce n'est pas discréditer la science, mais participer à sa construction et reconstruction permanente. Et ce doute ne doit pas venir que des scientifiques : tout citoyen peut et doit questionner les chercheurs tant leurs travaux sont porteurs d'enjeux qui nous concernent tous.

---

[2] C'est pour tenter d'infléchir un peu cette politique de la recherche qu'ont été créées en France des Boutiques de Sciences, en 1981, sur le modèle de ce qui fonctionne en Hollande. La première a été ouverte à Lyon, sous ma présidence. L'objectif des Boutiques de Sciences était d'être interface entre des demandes sociales (exprimées par des individus, des collectivités, associations, municipalités, etc.) et les laboratoires de recherche : en identifiant les différentes facettes de toute demande issue du terrain, et en les répercutant sur les labos compétents pour savoir quels éléments de réponse étaient déjà disponibles ou, sinon, s'il était possible à ces labos de travailler sur cette question. Malheureusement, le gouvernement de gauche n'a pas soutenu sérieusement cette initiative. Après quelques années de fonctionnement, les Boutiques de Sciences françaises ont fermé, certaines se convertissant en CCSTI (Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle).

[3] Le fait qu'il y ait eu fraude notoire n'invalide pas pour autant cette affirmation : ne sont invalidés que les pseudo-résultats de C.Burt. En revanche, il est depuis largement admis dans la communauté scientifique que l'idée même d'un pourcentage de génétique et d'environnement qui influencerait l'intelligence, est scientifiquement fausse. En effet, génome et environnement sont en interaction : impossible dès lors de parler du pourcentage de l'un ou de l'autre. Le débat inné – acquis est scientifiquement dépassé, et les spécialistes s'accordent pour dire que toute faculté intellectuelle, comme l'intelligence, dépend de l'interaction des deux (donc à 100 % de l'inné, et à 100 % de l'acquis : Stewart 1993, Jacquard & Kahn 2002).

Ma démarche est donc immédiatement **en rupture par rapport aux discours qui excluent le doute**, et particulièrement deux types de discours :

- Celui des scientistes. Le scientisme positiviste considère comme indiscutable ce que la science peut aujourd'hui expliquer, et a la conviction que la science pourra progressivement tout expliquer. Alors que l'histoire nous montre que les explications scientifiques d'une époque sont souvent dépassées ensuite. Et chacun de nous sait bien ce que les philosophes expriment clairement : il existe bien d'autres rapports au monde que scientifiques : rapports affectifs, esthétiques, etc.
- Celui des obscurantistes. La critique du discours scientifique est constitutive de la dynamique des sciences. Le scientisme est à combattre parce qu'il ne permet pas cette critique. Mais il ne s'agit pas pour autant de le remplacer par des discours alternatifs dont les vérités ne seraient pas à mettre en doute. Qu'il s'agisse de sectes ou de parasciences.

Chacun croit ce qu'il veut. Les convictions (religieuses, esthétiques, morales, …) de chacun ne relèvent pas du domaine de la science car, pour reprendre la philosophie de Karl Popper[4], ces convictions ne sont pas falsifiables. N'est aujourd'hui scientifique, selon la formule de Popper, que ce qui est falsifiable et non (encore) falsifié. En d'autres termes, toute proposition scientifique doit pouvoir être testée, pour être ensuite validée ou invalidée. Elle ne reste scientifique que tant qu'elle n'est pas invalidée. Il y a bien sûr d'autres définitions de ce qui est scientifique ou non, mais celle de K.Popper est utile pour rester critique par rapport à des propositions qui ne peuvent pas être testées, donc qui ne sont pas falsifiables : elles ne relèvent pas du domaine scientifique. Ainsi, il n'est pas possible de prouver scientifiquement que Dieu n'existe pas ; ni qu'il existe. Ce type d'affirmation ne relève donc pas du champ scientifique. Il en est de même pour bien d'autres affirmations. Chacun croit ce qu'il veut, et justifie ce qu'il croit comme il l'entend. La science n'a pas à se mêler de ces croyances. Réciproquement, ces croyances n'ont pas à se mêler de la science : l'affaire Galilée l'a bien montré.

Je tenais donc à d'abord bien mettre les pendules à l'heure. Ce n'est pas pour prôner une croyance quelconque qu'il me semble important de poser la question des limites des connaissances scientifiques. Non : c'est parce que ce doute est constitutif de toute démarche scientifique dès qu'elle ne tombe pas dans l'ornière idéologique du scientisme.

Ma perspective est celle de la recherche scientifique, et de l'éducation scientifique. Mon objectif est que le plus grand nombre de citoyens puisse s'approprier des connaissances scientifiques, et puisse peser sur l'orientation des recherches pour qu'augmentent nos connaissances dans les domaines qui nous concernent tous, et pas seulement dans les domaines qui intéressent les industriels et les militaires.

Le contexte poppérien dans lequel je viens de me placer pose plus de questions qu'il n'en résout. En effet, quels sont les critères qui permettent de falsifier ou non une proposition ? Qu'est ce qui va me permettre de croire ce que les scientifiques disent, ou d'en douter ?

La question est immense, et je ne ferai ici que l'effleurer par quelques remarques.

2 – Quelques exemples illustrant les limites du discours scientifique

2 – 1. Faut-il croire les mesures scientifiques ?

Ca dépend d'abord du degré de fiabilité des instruments de mesure. Mais aussi des canaux d'information : qui a cru que les nuages de Tchernobyl se seraient arrêtés à la frontière française ?

Commençons par les instruments de mesure, car chacun de nous peut en faire couramment l'expérience.
Ainsi, c'est la balance qui m'indique mon poids. Soit. Mais quand je passe de ma résidence principale à ma résidence secondaire, je perds systématiquement deux kilos ! Que, malheureusement, je regagne aussi vite quand je retourne à la balance de ma résidence principale … Sur l'une des deux balances, je maigris

[4] Voir par exemple Chalmers 1987

ou grossis encore plus vite : il suffit que je me penche en arrière pour perdre un kilo : pratique ! Je me souviens encore du jour où j'ai acheté cette balance, dans une grande surface d'appareils ménagers. Il y avait un grand choix, et chaque balance avait son mode d'emploi qui indiquait l'incertitude de la mesure : selon le modèle, la précision allait de plus ou moins 100 g. à plus ou moins 500 g. J'en avais alors essayé plusieurs, et je montrais à la vendeuse qu'en passant d'une balance à l'autre, je grossissais ou maigrissais d'un à trois kilos ! Ca avait provoqué un attroupement, et je trouvais ça très drôle …

Rire de son poids, c'est sain. Mais de sa température ? C'est autrement plus sérieux, puisque je dois décider si je suis ou non (tr ès) malade en fonction de sa mesure. Or j'ai les mêmes mésaventures dans ce domaine, depuis que j'ai acheté un thermoscan, c'est à dire un thermomètre qu'on met dans l'oreille. C'était cher, mais c'était pour faire plaisir à mes enfants. En fait, c'est très instructif pour faire réfléchir sur la fiabilité relative des mesures scientifiques. Passons sur le coup de main à acquérir en enfonçant le plus loin possible dans l'oreille, sans quoi, selon la mesure, on grelotte ou on est brûlant. Une fois le geste éduqué, la surprise est qu'on n'a pas la même température selon l'oreille visitée, ni d'un moment à un autre. La variation peut être importante, de plus d'un degré ! Alors, que décider ? Faire la moyenne ? ne conserver que la plus forte mesure ? Très souvent, le recours au traditionnel thermomètre anal a été nécessaire !

Mais ces deux exemples ne sont pas sérieux : nous ne sommes pas des scientifiques, et nos instruments ne sont guère perfectionnés. En tant que chercheur en Biologie, j'ai pourtant été confronté à exactement la même situation, quand j'ai voulu mesurer l'intensité lumineuse avec un radiomètre très perfectionné, très cher (rien à voir avec les vulgaires luxmètres souvent employés : mes mesures étaient autrement plus ambitieuses !) : selon la position de la sonde, j'avais au même emplacement des valeurs qui variaient de 1 à 10 … et ces simples mesures m'ont finalement demandé des heures avant de devenir à peu près fiables !

Mais passons à la science publiée dans les revues les plus prestigieuses : le séquençage de l'ADN humain. Il s'agit sans doute du programme de recherche mondial le plus coûteux de ces dix dernières années. C'est donc du solide !
Alors là, stupéfaction : à la suite des conférences de presse mondiales tenues par les scientifiques les plus renommés le 11 février 2001, au moment même où étaient publiés les numéros que la Revue Nature et la Revue Science ont consacrés au séquençage de l'ADN humain, j'ai appris non pas que j'avais maigri d'un à deux kilos, mais bel et bien que j'avais perdu plus des 3/4 de mes gènes ! Et chacun de vous aussi ! Jusque là, en effet, les scientifique nous avaient dit et persuadés que chaque humain avait environ 150 000 gènes, 100 000 seulement disaient certains chercheurs. Et du jour au lendemain, nous n'en avons plus eu que 30 000 (26 à 38 000 : Le Figaro 12 février 2001, Le Monde 13 février 2001, Libération 12 février 2001, …). A peine plus qu'un petit vers d'un millimètre (*Cœnorhabditis elegans* : 19 099) ou que la première plante séquencée (*Arabidopsis thaliana* : 25 498). Et bien moins que le riz (environ 51 000) ou que la rose (environ 51 000 aussi). Le choc a été rude : perdre autant de gènes en aussi peu de temps ! En fait, c'est l'idéologie héréditariste qui a été profondément ébranlée, alors qu'elle était jusque là largement propagée par les médias. On savait pourtant que le glas du “ tout génétique ” avait sonné (Atlan 1999). Et que les performance intellectuelles humaines viennent de la façon dont le cerveau se configure (Changeux 1983, 2002, Fottorino 1997, Clément 1999, Edelman 2000), et non de gènes qui façonneraient chaque type d'intelligence. Mais les chercheurs qui séquençaient l'ADN humain ont caché tout cela, craignant que s'ils avouaient que l'ADN humain comportait 4 fois moins de gènes que ce qu'on croyait, les crédits seraient aussitôt divisés par 4 !
Remarquons que Le Monde et d'autres quotidiens ont souligné à cette occasion que tous les humains partageaient 99,99 % de leurs gènes, et que, dans les 0,01 % qui nous différencient, il y avait plus de proximité entre personnes considérées (au début du 20ème siècle) de races différentes, qu'entre les quelques européens “ blancs ” étudiés.

Cet exemple spectaculaire nous rend méfiant par rapport aux affirmations des scientifiques, puisqu'elle peuvent brusquement et radicalement changer et nous convaincre que nos 100 à 150 000 gènes ne sont plus qu'environ 30 000 gènes. Il nous introduit aussi dans des domaines où science et idéologie peuvent interférer.

2 – 2. Quand l'idéologie transparaît dans le discours scientifique.

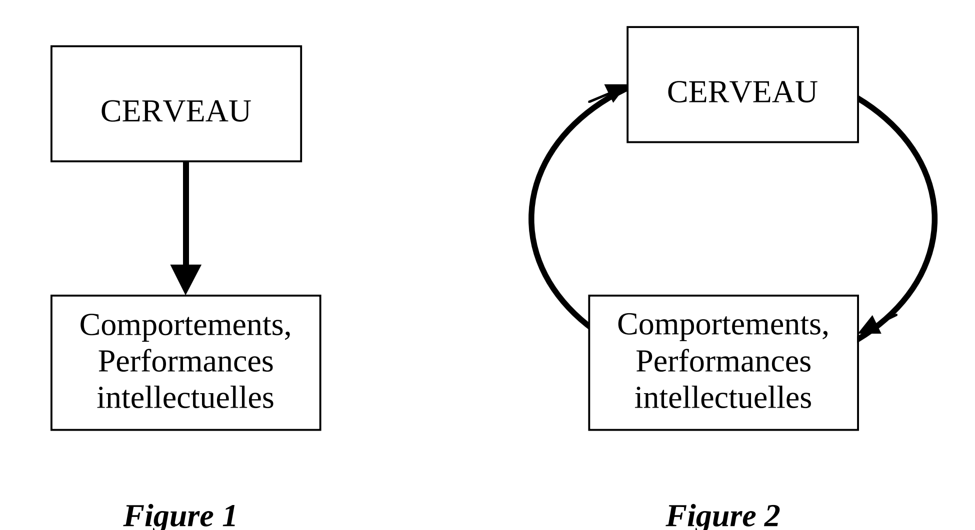


Figure 1

Figure 2

Dans les recherches en Biologie, l'approche analytique cherche à isoler des déterminismes linéaires simples. Par exemple en insistant sur la façon dont le cerveau contrôle les comportements et les performances intellectuelles humaines (figure 1). Ce discours n'est pas faux ; mais il est incomplet. En effet, les neurobiologistes savent bien que l'expérience individuelle de chacun, ses propres comportements et pensées, lui permettent d'apprendre en stabilisant des réseaux neuronaux qui sont les supports de ces apprentissages : ce sont les processus d'épigenèse cérébrales dont j'ai parlé il y a un instant. Le schéma complet est donc celui de la figure 2, qui a d'ailleurs été adopté comme logo par un des plus prestigieux laboratoires de neurobiologie en France. Mais ce schéma en boucle n'est pas encore bien passé, ni dans les médias, ni même dans la tête de nombre de chercheurs.
Ainsi, quand des neurobiologistes mettent en évidence (par des techniques sophistiquées d'imagerie cérébrale fonctionnelle), des différences entre les cerveaux d'hommes et de femmes (par exemple Shawitz et al 1995, dans la revue Nature), ils en déduisent que ces différences sont LA CAUSE, L'ORIGINE de différences entre les façons de penser et de se comporter des hommes et femmes. Alors qu'elles pourraient tout aussi bien en être la CONSEQUENCE (figure 2). L'éditorial de la Revue Nature renforce cette interprétation causale, rajoutant que les origines cérébrales de ces fameuses différences étaient recherchées depuis longtemps ! Alors que ces différences cérébrales peuvent tout aussi bien témoigner de la façon différente dont hommes et femmes ont été éduqués, en fonction d'archétype plus sociaux que biologiques (figure 2).
Mais cette interprétation n'a pas été suggérée par les chercheurs, ni par la revue Nature : l'idéologie était présente dès la publication primaire de ces résultats [5]!

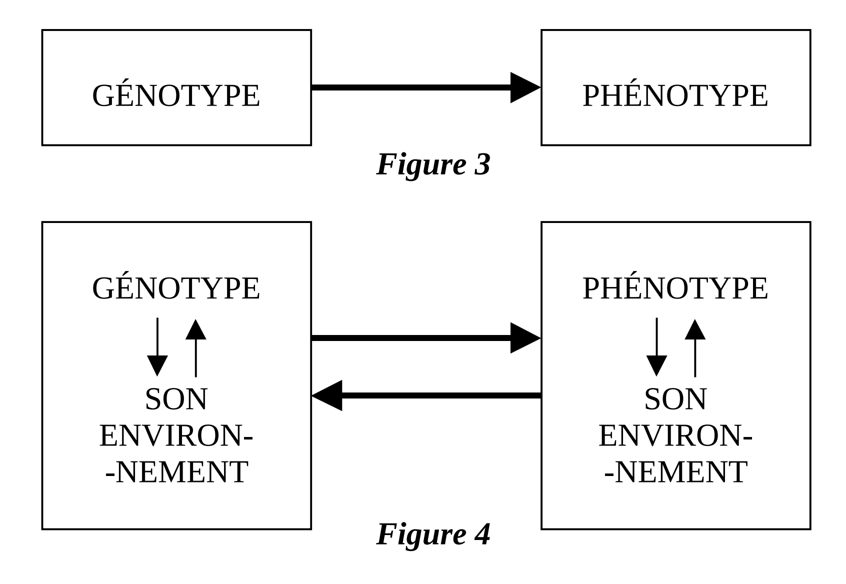


Figure 3

Figure 4

[5] Pour une analyse critique plus complète de cet exemple, voir P.Clément 1997 et 2001 ; cet exemple est aussi cité par C.Vidal 2001.

L'ère du “ tout génétique ” a fait des ravages. Les chercheurs ont focalisé leurs recherches sur la découverte des gènes qui soit-disant contrôleraient les principales caractéristiques humaines, de la timidité à l'obésité, de l'intelligence à l'homosexualité, de la mucoviscidose au cancer, de la schizophrénie aux maladies neurodégénératives. Comme si un gène permettait de tout expliquer.
Il ne s'agit pas ici de nier les succès de certaines de ces recherches. La figure 3 n'est pas réellement fausse mais, comme la figure 1, elle est incomplète.
Or c'était le modèle central de l'enseignement de la génétique jusqu'à ce que les nouveaux programmes de 2001 introduisent l'importance des interactions entre génome et environnement[6]. On sait en effet désormais que ces interactions sont extrêmement importantes pour comprendre l'émergence de phénotypes. La figure 4 schématise plusieurs niveaux d'interaction[7] :

- Entre les gènes et leur environnement immédiat. C'est ainsi que toutes les cellules d'un individu sont différentes, alors qu'elles ont exactement le même génome : cellules nerveuses, musculaires, graisseuses, osseuses, sanguines, etc. De même, des jumeaux homozygotes n'ont pas les mêmes réseaux neuronaux, car ceux-ci se construisent par des processus d'épigenèse multiples (Changeux 2002).
- Entre le phénotype et son environnement. C'est ainsi qu'un accident de la route change définitivement le phénotype d'une personne, ou encore la chirurgie “ esthétique ”, sans aucun déterminisme génétique de ces changements.
- Par rétroaction entre les deux niveaux précédents. Ainsi, le test de Guthrie est pratiqué en France sur tous les nouveaux-nés, pour identifier une mutation qui rendrait l'enfant idiot par accumulation dans leur cerveau d'un acide aminé non assimilable suite à cette mutation (idiotie phényl-cétonurique). Cependant cette idiotie peut être facilement évitée, par un régime carencé qui ne contient pas cet acide aminé. Il y a donc dans ce cas intervention externe sur l'interaction entre le génome et son environnement, pour qu'il y ait émergence d'un autre phénotype.

Nous verrons dans la troisième partie de ce texte que ces différents types d'interaction fonctionnent de façon très générale, y compris dans le cas des OGM.

Le message que je veux souligner ici est le danger du réductionnisme. En simplifiant un phénomène complexe (ce qui est la règle dans les Sciences de la Vie) à une causalité simple, il y a plus qu'une simplification : il y a une véritable idéologie qui s'introduit.

Ce simplisme est dangereux. Pour expliquer la complexité du caractère, de la personnalité d'un être humain, il est effarant d'énumérer les systèmes explicatifs réducteurs utilisés au cours de l'histoire :

- Le plus ancien est Dieu, et toutes les théologies de la prédestination.
- Mais Dieu a été relayé par la position des astres (astrologie), les lignes de la main (chiromancie), la forme du visage (physiognomonie puis morphopsychologie), les caractéristiques de l'iris (iridologie), etc. Notre personnalité serait programmée !
- Et les arguments les plus récents ont été génétiques, ou raciaux (race aryenne, …) : durant la première moitié du 20ème siècle, les mêmes sociétés savantes s'intéressaient à la fois à la Génétique et à l'Eugénisme. Nous serions prisonniers de notre “ programme génétique ”, alors que cette notion même est aujourd'hui contestée en Biologie.

Ainsi, l'histoire des sciences nous montre que des thèses défendues par d'éminents biologistes peuvent être teintées d'idéologie, ou même carrément structurées par la défense d'une idéologie. Il est plus facile de l'identifier quand on est en désaccord avec cette idéologie, et quand on a un certain recul par rapport aux évènements.

Ainsi les thèses sexistes défendues sur des arguments crâniologiques à la fin du 19ème siècle (et publiées par le grand neurobiologiste Broca), n'ont été invalidées qu'un siècle plus tard (S.J.Gould 1983). Ce qui

---

[6] Ce changement de programme est en partie dû aux recherches de Didactique de Biologie de mon équipe, qui ont mis en évidence l'implicite héréditariste des programmes et manuels scolaires dans leurs chapitres sur la génétique. Il est aussi corrélatif de la remise en cause du tout-génétique dans les milieux de la recherche, et de l'importance des travaux qui s'intéressent désormais aussi aux processus d'épigenèse.
[7] Pour une analyse plus détaillée, voir Forissier & Clément 2002.

n’a pas empêché de nouvelles publications scientifiques inspirées par le sexisme (voir plus haut pour l’exemple des cerveaux d’hommes et de femmes, et C.Vidal 2001).
Plus rapide a été la condamnation des travaux scientifiques et médicales de l’époque nazie, qui ont pourtant pu être publiés dans des revues scientifiques. Plus récemment, des thèses négationnistes ont pu être publiées, même si cela a soulevé des vagues de protestation.

Je pourrais multiplier les exemples d’interaction entre Biologie et idéologie dans certaines publications scientifiques, même récentes, mais là n’est pas mon propos.
Je veux juste souligner que tout citoyen reste libre face à de telles publications. Lorsque des travaux scientifiques, souvent largement relayés par les médias toujours à l’affût du spectaculaire qui augmente leur chiffre de ventes, **lorsque ces travaux semblent remettre en cause les valeurs citoyennes fondamentales, et justifier le sexisme, ou le racisme, alors je DOIS douter de la scientificité de ces travaux**. Même si je ne peux pas dans l’immédiat prouver en quoi ces travaux se fourvoient : il est évident que science et idéologie interfèrent, et je dois privilégier mes valeurs morales citoyennes malgré l’apparente scientificité de ces propos.
L’histoire des sciences nous montre en effet que l’invalidation de tels travaux peut demander des années voire des dizaines d’années. Durant ces années, j’ai, en tant que citoyen (et en tant que scientifique quand on l’est), droit au DOUTE.
La propagande nazie s’appuyait sur des publications scientifiques et médicales. Il était essentiel de résister avant même que les contenus de ces publications ne soient invalidés dans le monde scientifique.
De façon plus subtile, d’autres propagandes s’appuient encore aujourd’hui sur des publications où science et idéologie interfèrent. La résistance citoyenne doit être immédiate, pour douter de ces travaux, et pour lutter pour des valeurs citoyennes fondamentales. Parallèlement, l’analyse critique de ces publications doit aussi être menée par des scientifiques, des épistémologues, des didacticiens : c’est à ce type de travail critique que j’essaye de contribuer (avec modestie car nous sommes peu nombreux et nous disposons de peu de moyens).

Le déterminisme génétique des performances des plantes (OGM en particulier) présente-t-il les mêmes dangers et enjeux idéologiques que le déterminisme soit-disant génétique des performances humaines (qui a conduit au racisme, à l’eugénisme, au sexisme, au politiquement correct, …) ?

3 – Et les OGM ?

Plusieurs des interrogations que je viens d’introduire concernent directement les OGM :

- Les enjeux économiques sont si importants qu’ils rendent a priori méfiants quant à l’indépendance des propos des scientifiques : l’intervention de J.P.Berlan développe largement ce point, sur lequel je ne reviens donc pas.
- Les propos des scientifiques ont changé durant ces dernières années, accentuant le sentiment de doute.
- L’idéologie réductionniste reste dominante, taisant la complexité des situations

3-1. Les certitudes scientifiques sur les OGM sont changeantes

Le tableau qui suit est emprunté au travail d’un historien des sciences, Christophe Bonneuil (séminaire donné en décembre 2001 au LRDHIST, Laboratoire interdisciplinaire de recherche en Didactique et en Histoire des Sciences et des Techniques, Université Claude Bernard – Lyon 1). Il est reproduit tel quel, et se passe de commentaires.

En soi, cela n’a rien d’étonnant de constater que les connaissances scientifiques évoluent. Le problème vient du statut de ces connaissances scientifiques à chaque époque : comment les considérer comme des “ certitudes ” quand on constate a posteriori qu’elle peuvent tant évoluer ? Ce constat impose la prudence. Les connaissances scientifiques ne sont pas plus des certitudes aujourd’hui qu’hier, dans ce vaste domaine encore si peu exploré.

	Avant le milieu des années 1990	A partir du milieu des années 1990
DISTANCE DE DISPERSION DU POLLEN	Pollen gluant, dispersion à maxi. 30 m.	Dispersion observée jusqu'à 2,5 km + rôle des abeilles
PROBABILITE D'HYBRIDATION AVEC DES BRASSICA SAUVAGES (moutarde des champs, navette, ravenelle) :	Hybridation quasi impossible (seulement 0 à 1,5 % en conditions artificielles)	La modélisation établit qu'il suffit, sur une large population, d'une infime probabilité pour prévoir un évènement certain. L'hybridation s'avère nettement plus importante sur les individus sauvages isolés de bord de route.
PROBABILITE DE PERSISTANCE DES GENES AUX GENERATIONS SUIVANTES	Les hybrides interspécifiques sont stériles ou peu fertiles	Après croisements en retour, la fertilité augmente dès F2. Le taux d'introgression est très variable selon la position d'insertion.
FITNESS DES INDIVIDUS SAUVAGES AYANT INTEGRE LE TRANSGENE	Le transgène de tolérance à un herbicide ne présente pas d'avantage sélectif sur sol non traité et présente un "coût métabolique".	L'hypothèse du "coût métabolique" (forgée par analogie avec la résistance plurifactorielle à l'atrazine), ne se vérifie pas pour les transgènes de tolérance aux herbicides.
CHOIX METHODOLOGIQUES	En "partie B", expérience sur faibles surfaces en confinement sévère (bandes de 500 m avec pièges à pollen, récolte et brulâge avant floraison, élimination des repousses l'année suivante, etc.)	Constat que les protocoles menés jusqu'ici ne permettent pas de recueillir d'information pertinente sur le flux de (trans)gènes (1). Recherche d'autres dispositifs expérimentaux et légitimité accrue du recoursà la modélisation.

Tableau 1 – (réalisé par C.Bonneuil 2001, d'après Roy 2000 et Levidow 1997) -
L'évolution des certitudes scientifiques sur l'impact agro-écologique des colzas OGM

(1) Ainsi les experts de l'OCDE eux-mêmes constatent-ils en 1993 que "Field containment has meant that it is not possible to draw conclusions in relation to environmental effects other than those on immediate release sites" (OCDE, *"Field releases of transgenic plants, 1986-1992. An analysis"*, Paris : OCDE, 1993, p.7)

3-2. Le danger d'une science réductionniste

Les scientifiques maîtrisent assez bien les démarches analytiques, réductives, qui recherchent des causalités simples aux phénomènes étudiés. Ils maîtrisent moins bien l'approche systémique[8]. Or cette approche systémique devient incontournable dès qu'on s'intéresse à un phénomène complexe. Or tous les êtres vivants, et tous les phénomènes sociaux, présentent cette complexité. Depuis une vingtaine d'années, de nouveaux types de modélisation renouvellent en profondeur cette approche des systèmes complexes[9].
Si beaucoup reste à faire pour mieux comprendre les systèmes complexes dans lesquels nous sommes insérés, le temps n'est cependant plus au réductionnisme triomphant.

[8] J. de Rosnay 1975 compare de façon détaillée les caractéristiques de l'approche analytique et de l'approche systémique
[9] autour des théories de la complexité, de l'auto-organisation, de l'Intelligence Artificielle Distribuée, du connexionnisme, de la notion d'émergence : H.Atlan, E.Morin, F.Varela, I.Stengers, …

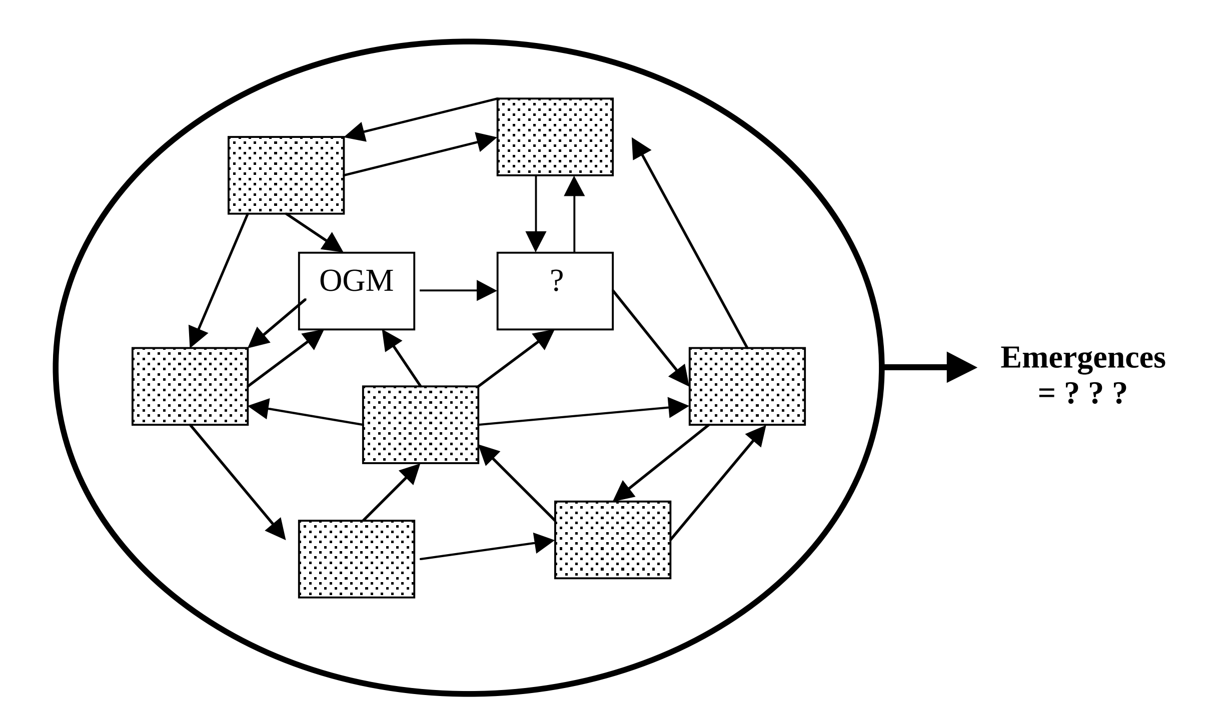


Figure 5
Schéma systémique à compléter …
Les OGM ne sont qu'un des éléments du système : identifier les autres éléments !
D'autres cases, et d'autres flèches, peuvent être rajoutées

Les OGM ne sont qu'un élément d'un système complexe. La figure 5 ne prétend pas avoir identifié tous les paramètres de ce système : ce travail d'identification et de schématisation reste à faire.
Les scientifiques, eux, travaillent uniquement sur la création d'OGM, et vérifient les performances en mesurant les rendements dans la case ou j'ai indiqué un ?

Le lecteur de ce texte pourra s'amuser à remplir les autres cases dans la situation du chercheur / développeur quand il dit avoir mis au point un OGM nouveau aux performances séduisantes. Il dit " vrai " s'il limite son discours à la causalité entre les 2 cases que je n'ai pas colorées en gris dans la figure 5. Mais l'implicite de son discours concerne les cases en gris, c'est à dire tout le contexte dans lequel il est, et sans lequel ces performances n'apparaîtraient pas.

Or, sur tout terrain, le contexte est bien autre. L'ensemble du système et de ses émergences devient différent. Le lecteur peut construire ce système dans la situation qu'il connaît, en mettant des cases pour les différents acteurs agricoles, pour les industriels, pour les consommateurs, pour l'environnement, etc.

Là où l'erreur du scientifique devient évidente, c'est lorsqu'il généralise son propos, et invoque les conséquences bénéfiques des OGM pour la faim dans le monde etc. Car il oublie alors que l'approche réductionniste qu'il maîtrise n'est qu'un tout petit bout du système qui est à l'origine d'émergences aussi globales que la faim dans le monde.
C'est à ce moment précis que le scientifique sort du domaine de validité de ce qu'il maîtrise, et entre dans un discours idéologique.

Les mêmes propos avaient été tenus il y a des dizaines d'années à propos des VHR (Variétés à haut rendement) qui ont été imposées dans les agricultures du monde entier pour " augmenter les rendements et donc diminuer la faim dans le monde ". Or il est à présent connu que cette augmentation des rendements, prônées par les multinationales qui en ont fait fortune, s'est surtout soldée, dans les pays du Tiers Monde, par une restructuration du monde rural, au profit des gros agriculteurs ; tandis que les plus

petits ont tout perdu, et ont augmenté le nombre de ceux qui ne mangent pas à leur faim : nombre qui, en conséquence, au lieu de diminuer comme annoncé, s'est accru[10].

L'histoire semble bégayer avec les OGM.
Aussi savants soient-ils dans leur domaine spécifique de recherche, les scientifiques n'ont aucune compétence pour prédire les émergences du système complexe dans lesquels ils ne sont qu'un maillon. L'amélioration de la production agricole, l'amélioration du niveau de vie et de la qualité de vie des agriculteurs et des consommateurs des produits agricoles, sont des émergences de systèmes complexes.
Les chercheurs et les industriels, qui pèsent tant sur l'évolution de ces systèmes, n'ont pas pour objectif ces améliorations sociales. Ils ne maîtrisent pas les multiples paramètres qui conditionnent ces améliorations.
Les agriculteurs et les citoyens sont en revanche plus intéressés par ces objectifs sociaux. Pour peser plus sur les évolutions en cours, nous devons :

- Tenter de comprendre mieux le fonctionnement de ce système complexe, et ne pas contester le réductionnisme et le scientisme pour le remplacer par un autre dogmatisme.
- Identifier les émergences de ce système : la logique des OGM est celle d'une dépendance croissante des agriculteurs (et des consommateurs) par rapport aux lobbies industriels agro-alimentaires. Est-ce que nous souhaitons ?
- Identifier les limites des discours des scientifiques et autres experts, pour contester tout ce qui sort de leur domaine de compétence, tout ce qui relève (en partie ou en totalité) d'une idéologie que nous ne voulons pas partager.
- Imaginer enfin des alternatives et des luttes qui induisent d'autres émergences.

4 – Références bibliographiques citées.

Atlan H., 1999 – *La fin du tout génétique*. Paris : INRA

Bonneuil C., 2001 – Séminaire donné au LIRDHIST, Université Claude Bernard Lyon 1.

Chalmers A., 1987 – *Qu'est-ce que la Science ?* Paris : La Découverte.

Changeux J.P., 1983 – *L'homme neuronal*. Paris : Fayard.

Changeux J.P., 2002 – *L'homme de vérité*. Paris : Odile Jacob.

Clément P., Debard É., 1981 - La faim dans le monde : la Biologie ne fait pas de miracle! *Raison Présente*, 57 , p.165-183.

Clément P., Scheps R., Stewart J., 1997 - Une interprétation biologique de l'interprétation. I - Umwelt et interprétation. in *"Herméneutique : textes, sciences"*. J.M.Salanskis, F.Rastier, R.Scheps, éd.PUF, coll.Philosophie d'aujourd'hui, Cerisy, p.209-232.

Clément P., 1997 - Cerveaux d'hommes et de femmes : l'idéologie était déjà dans la revue Nature. *Actes JIES* (Journées internationales sur l'éducation scientifique, Chamonix ; A.Giordan, J.L.Martinand, D.Raichvarg ed. ; Univ.Paris Sud), 19, p.267-272.

Clément P., 1999 - Les spécificités de la Biologie et de son enseignement. *Biologie-Géologie, bulletin APBG*, 1999, 3, p.479-502.

Clément P., 2001 – Using complex images in the popularization of science : Scientific or ideological agenda ? in *"Multimedia learning : cognitive and instructional issues"*, Rouet J.F., Levonen J., Biardeau A., eds. London : Pergamon (Elsevier Science), p.87-98 (& p.182-183).

Edelman G.M., 2000 – Pour une approche darwinienne du fonctionnement cérébral. *La Recherche*, 334 (sept.2000), p.109-111.

Forissier T., Clément P., 2002 - Teaching "biological identity" as genome / environmental interactions in French secondary school? *Journal of Biological Education* (in press).

Gould S.J., 1983 – *La mal mesure de l'homme*. Paris : Ramsay (republié depuis en poche)

Jacquard A., Kahn A., 2002 – *L'avenir n'est pas écrit*. Paris : Bayard.

Rosnay J. de, 1975 – *Le Macroscope*. Paris : Le Seuil, Points.

Stengers I., 1997 – *Cosmopolitiques, tome 6 : La vie et l'artifice : visages de l'émergence.* Paris : La Découverte / Les Empêcheurs de penser en rond.

Uexküll J.von, 1965 – *Mondes animaux, mondes humains*. Paris : Denoël.

Stewart J., 1993 – Au delà de l'inné et de l'acquis. *Intellectica*, 16 (Paris : CNRS)

Varela F.J., 1989 – *Autonomie et connaissance*. Essai sur le Vivant. Paris : Le Seuil.

Vidal C., 2001 – Quand l'idéologie envahit la science du cerveau. *La Recherche*, hors série n°6, p.75-79.

[10] voir à ce propos Clément et al 1981